

DaimlerChrysler AG

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung kann beispielsweise zur Verbesserung eines in einem Fahrzeug angeordneten Längsregelsystems verwendet werden.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Längsregelsysteme lassen sich im wesentlichen zwei Gruppen zuordnen. Eine erste Gruppe umfasst die sogenannten Tempomaten, die eine vorgegebene Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugs auch im Falle auftretender Fahrbahnsteigungen, Windwiderstände und dergleichen konstant halten. Eine zweite Gruppe umfasst die sogenannten Abstands-Regel-Tempomaten (ART), die mithilfe eines Radarsensors sowohl den Abstand als auch die Relativgeschwindigkeit zwischen dem eigenen Fahrzeug und einem vorausfahrenden Fahrzeug regeln. Erkennt der Abstands-Regel-Tempomat ein langsames vorausfahrendes Fahrzeug, so wird die Längsgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs durch Erzeugung einer geeigneten Bremsverzögerung soweit reduziert, bis ein vorgegebener Zeitabstand zwischen dem eigenen Fahrzeug und dem vorausfahrenden Fahrzeug eingehalten wird. Eine derartige Regelung des Abstands und der Relativgeschwindigkeit erhöht den Fahrkomfort deutlich und beugt einer frühzeitigen Ermüdung des Fahrers gerade im Falle längerer Autobahnfahrten zuverlässig vor.

Herkömmliche Abstands-Regel-Tempomaten unterstützen den Fahrer aufgrund systembedingter Grenzen allerdings lediglich in eingeschränktem Umfang. Diese systembedingten Grenzen werden unter anderem aufgrund der am Abstands-Regel-Tempomaten vorgebbaren maximalen bzw. minimalen Längsgeschwindigkeit oder der maximal in Zusammenhang mit dem Abstands-Regel-Tempomaten zur Verfügung stehenden Bremsverzögerung des Fahrzeugs verursacht. Beim Überschreiten dieser systembedingten Grenzen muss der Fahrer die Aufgabe der Längsregelung wieder vollständig selbst wahrnehmen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn eine allzu rasche Annäherung an ein vorausfahrendes Fahrzeug erfolgt, ein vorausfahrendes Fahrzeug stark verzögert, ein Fremdfahrzeug aufgrund eines Spurwechselvorgangs plötzlich auf die Fahrbahnspur des eigenen Fahrzeugs einschert oder der Fahrer eine Längsgeschwindigkeit wünscht, die größer oder kleiner ist als die am Abstands-Regel-Tempomaten vorgebbare maximale bzw. minimale Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

Als besonders kritisch haben sich in diesem Zusammenhang die zu einem plötzlichen Einscheren eines Fremdfahrzeugs führenden Spurwechselvorgänge herausgestellt, da diese vom Abstands-Regel-Tempomaten erst dann erkannt werden, wenn sich das Fremdfahrzeug bereits im wesentlichen auf der Fahrbahnspur des eigenen Fahrzeugs befindet.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu schaffen, dass ein von einem Fremdfahrzeug durchgeführter Spurwechselvorgang frühzeitig erkannt werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug gelöst, bei dem bzw. bei der wenigstens eine Beobachtungsgröße ermittelt wird, die das Spurwechselverhalten eines beobachteten Fremdfahrzeugs beschreibt. Hierbei wird in Abhängigkeit der wenigstens einen Beobachtungsgröße eine Spurwechselgröße bestimmt, die eine Spurwechselabsicht des

beobachteten Fremdfahrzeugs ausgehend von einer dem Fremdfahrzeug zugeordneten Fahrbahnspur charakterisiert, sodass durch Auswertung der Spurwechselgröße ein aufgrund einer vorhergesagten Spurwechselabsicht bevorstehender Spurwechsel des Fremdfahrzeugs frühzeitig erkannt werden kann.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Vorteilhafterweise bezieht sich die Spurwechselgröße auf ein Einscheren des beobachteten Fremdfahrzeugs auf eine dem eigenen Fahrzeug zugeordnete Fahrbahnspur, sodass sich durch Auswertung der Spurwechselgröße die als besonders kritisch einzustufenden Einschervorgänge des Fremdfahrzeugs frühzeitig erkennen lassen.

Um die Spurwechselabsicht des beobachteten Fremdfahrzeugs mathematisch eindeutig erfassen zu können, beschreibt die Spurwechselgröße insbesondere die Wahrscheinlichkeit für einen bevorstehenden Spurwechsel des beobachteten Fremdfahrzeugs. Hierbei wird auf einen bevorstehenden Spurwechsel des Fremdfahrzeugs geschlossen, wenn sich durch Auswertung der Spurwechselgröße ergibt, dass die Wahrscheinlichkeit größer ist als ein charakteristischer Schwellenwert.

Eines der wichtigsten Merkmale zur Erkennung einer Spurwechselabsicht stellt das querdynamische Verhalten des beobachteten Fremdfahrzeugs relativ zum Verlauf seiner Fahrbahnspur dar. Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn es sich bei einer ersten Beobachtungsgröße um eine Spurversatzgröße, die eine Querverschiebung des Fremdfahrzeugs relativ zur Spurmitte seiner Fahrbahnspur beschreibt, und/oder bei einer zweiten Beobachtungsgröße um eine Spurversatzänderungsgröße, die eine Quergeschwindigkeit des Fremdfahrzeugs in orthogonaler Richtung zu einer an den Verlauf seiner Fahrbahnspur angelegten Tangente beschreibt, und/oder bei einer dritten Beobachtungsgröße um eine Querversatzbeschleunigungsgröße, die eine auf-

grund eines bevorstehenden Spurwechsels maximal auftretende Querschleunigung des Fremdfahrzeugs beschreibt, handelt.

Weitere wichtige Merkmale ergeben sich zum einen infolge geometrischer Eigenschaften, die der Verlauf der vom beobachteten Fremdfahrzeug befahrenen Fahrbahnspur aufweist, und zum anderen aufgrund charakteristischer Zeitabstände, die zwischen dem beobachteten Fremdfahrzeug und auf der Fahrbahnoberfläche angebrachten Fahrbahnmarkierungen, die den Verlauf der Fahrbahnspur des Fremdfahrzeugs definieren, auftreten. In Hinblick auf eine genaue Bestimmung der Spurwechselgröße kann es sich daher bei einer vierten Beobachtungsgröße um eine Spurkrümmungsgröße, die eine Krümmung des Verlaufs der Fahrbahnspur des Fremdfahrzeugs beschreibt, und/oder bei einer fünften Beobachtungsgröße um eine Spurüberschreitungszeitgröße, die diejenige Zeitdauer beschreibt, die voraussichtlich bis zum Überschreiten einer die Fahrbahnspur des Fremdfahrzeugs begrenzenden Fahrbahnmarkierung vergeht, handeln.

Um insbesondere solche Spurwechselvorgänge, die zu einem potentiell gefährlichen Einscheren des beobachteten Fremdfahrzeugs in eine zwischen dem eigenen Fahrzeug und einem Führungsfahrzeug befindliche Fahrzeuglücke führen, möglichst genau beschreiben zu können, ist es von Vorteil, wenn Beobachtungsgrößen ermittelt werden, die das räumliche und zeitliche Verhalten des beobachteten Fremdfahrzeugs relativ zur Fahrzeuglücke beschreiben. In diesem Zusammenhang kann es sich bei einer sechsten Beobachtungsgröße um eine Lückenabstandsgröße, die einen Abstand des Fremdfahrzeugs relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt, und/oder bei einer siebten Beobachtungsgröße um eine Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße, die eine Geschwindigkeit des Fremdfahrzeugs relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt, und/oder bei einer siebten Beobachtungsgröße um eine Lückenrelativbeschleunigungsgröße, die eine Beschleunigung des Fremdfahrzeugs relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt, handeln.

Die Ermittlung der wenigstens einen Beobachtungsgröße erfolgt in aller Regel auf Basis von Beobachtungsdaten, die von zur Beobachtung des Fremdfahrzeugs vorgesehenen Beobachtungsmitteln bereitgestellt werden. Diese Beobachtungsdaten unterliegen im Allgemeinen statistischen Schwankungen, die beispielsweise aufgrund physikalischer Phänomene und äußerer Störeinflüsse verursacht werden und die sich in einem mehr oder weniger ausgeprägten Rauschen bemerkbar machen. Dieses Rauschen führt letztlich zu einer Minderung der Qualität der bereitgestellten Beobachtungsdaten und damit zu einer entsprechenden Varianz der auf Basis der Beobachtungsdaten ermittelten wenigstens einen Beobachtungsgröße. Um eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Vorhersage der Spurwechselabsicht des beobachteten Fremdfahrzeugs treffen zu können, ist es daher von Vorteil, wenn bei der Bestimmung der Spurwechselgröße eine Qualitätsbewertung bzw. Qualitätsgewichtung der wenigstens einen Beobachtungsgröße durch entsprechende Berücksichtigung der zugehörigen Varianz vorgenommen wird.

Die wenigstens eine Beobachtungsgröße und/oder deren Varianz kann besonders zuverlässig unter Verwendung eines Kalman-Filters ermittelt werden, der dazu die von den Beobachtungsmitteln bereitgestellten Beobachtungsdaten auswertet. Die Varianz der wenigstens einen Beobachtungsgröße ergibt sich dann aus den der jeweiligen Kalman-Filterung zugrundeliegenden Kovarianzmatrizen.

Werden mehrere Beobachtungsgrößen und/oder deren Varianzen ermittelt, so können diese zur rechnerisch effizienten Bestimmung der Spurwechselgröße mittels eines probabilistischen Netzwerks miteinander verknüpft werden. Aufgrund der Inferenz des probabilistischen Netzwerks werden Beobachtungsgrößen geringer Varianz stärker berücksichtigt als solche großer Varianz, sodass eine implizite Qualitätsbewertung bzw. Qualitätsgewichtung der ermittelten Beobachtungsgrößen durchgeführt wird, die letztlich zu einer Optimierung der Genauigkeit der

in Abhängigkeit der Beobachtungsgrößen bestimmten Spurwechselgröße führt.

Wird durch Auswertung der Spurwechselgröße auf einen bevorstehenden Spurwechsel des beobachteten Fremdfahrzeugs geschlossen, so besteht die Möglichkeit, fahrerunabhängige Eingriffe in zur Beeinflussung der Längs- und/oder Querdynamik des eigenen Fahrzeugs vorgesehene Fahrzeugaggregate derart vorzunehmen, dass durch entsprechende Anpassung der Längsgeschwindigkeit und/oder der Fahrtrichtung des eigenen Fahrzeugs einer aufgrund des Spurwechsels gegebenenfalls verursachten gefährlichen Annäherung an das Fremdfahrzeug vorgebeugt wird.

Alternativ oder zusätzlich zu den fahrerunabhängigen Eingriffen in die Fahrzeugaggregate ist es vorstellbar, einen optischen und/oder akustischen und/oder haptischen Fahrerhinweis auszugeben, der den Fahrer auf den bevorstehenden Spurwechsel des Fremdfahrzeugs aufmerksam macht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung von Spurwechselvorgängen lässt sich vorteilhaft in Verbindung mit einem im eigenen Fahrzeug angeordneten Längsregelsystem, bei dem es sich insbesondere um einen Abstands-Regel-Tempomaten handeln kann, und/oder mit einem im eigenen Fahrzeug angeordneten Querregelsystem, beispielsweise mit einem Spurführungsassistenten (lane keeping assist), verwenden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung wird im folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Gestalt eines probabilistischen Netzwerks,

Fig. 2 eine Koordinatendarstellung eines Spurwechselvorgangs in Draufsicht, und

Fig. 3 ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug. Das Verfahren umfasst unterschiedliche Ebenen eines probabilistischen Netzwerks, wobei in einer ersten Ebene 11 mehrere Beobachtungsgrößen ermittelt werden, die das Spurwechselverhalten eines beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreiben.

Jeder Beobachtungsgröße ist hierbei ein bestimmter Eingangsknoten des probabilistischen Netzwerks zugeordnet, wobei die Ermittlung der Beobachtungsgrößen in den jeweiligen Eingangsknoten durch Verwendung von Kalman-Filtern zur Objektverfolgung und Spurerkennung erfolgt. Die Kalman-Filter ziehen hierzu Zustandsvektoren der Gestalt

$$\vec{x}_{\text{lane}} = (o_{\text{lane,ego}}, \psi, c_0, c_1, w_{\text{lane}}) , \quad (1.1)$$

$$\vec{x}_{\text{long,obj,i}} = (x_{\text{obj,i}}, v_{x,\text{ego}}, a_{x,\text{ego}}, v_{x,\text{obj,i}}, a_{x,\text{obj,i}}) , \quad (1.2)$$

$$\vec{x}_{\text{lat,obj,i}} = (y_{\text{obj,i}}, v_{y,\text{obj,i}}, a_{y,\text{obj,i}}) , \quad (1.3)$$

heran, wobei $o_{\text{lane,ego}}$ eine Querverschiebung des eigenen Fahrzeugs 16 relativ zur Spurmitte der Fahrbahnspur, ψ den Gierwinkel des eigenen Fahrzeugs 16 relativ zu einer an den Verlauf der Fahrbahnspur angelegten Tangente, c_0 die Krümmung der Fahrbahnspur, c_1 die zeitliche Änderung der Krümmung der Fahrbahnspur, w_{lane} die Breite der Fahrbahnspur, $x_{\text{obj,i}}$ einen Längsabstand zum i -ten ($i \in \mathbb{N}$) beobachteten Fremdfahrzeug 15, $v_{x,\text{ego}}$ eine Längsgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs 16, $a_{x,\text{ego}}$ eine Längsbeschleunigung des eigenen Fahrzeugs 16,

$v_{x,obj,i}$ bzw. $a_{x,obj,i}$ eine Längsgeschwindigkeit bzw. Längsbeschleunigung des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15, $y_{obj,i}$ einen Querabstand des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 und $v_{y,obj,i}$ bzw. $a_{y,obj,i}$ eine Quergeschwindigkeit bzw. Querschleunigung des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreibt.

In einem ersten Eingangsknoten 11a des probabilistischen Netzwerks wird dann eine Spurversatzgröße o_{lane} ermittelt, die eine Querverschiebung des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Spurmitte seiner Fahrbahnspur beschreibt,

$$o_{lane} = y_{obj,i} + o_{lane,ego} + y_{lane}(x_{obj,i}) \pm w_{lane} \quad , \quad (1.4)$$

wobei der Einfachheit halber vorausgesetzt wird, dass die durch die Größe w_{lane} beschriebene Breite für alle Fahrbahnen gleich ist. Das positive bzw. negative Vorzeichen gilt, wenn sich das i -te beobachtete Fremdfahrzeug 15 in Fahrtrichtung gesehen auf der linken bzw. rechten Seite des eigenen Fahrzeugs 16 befindet.

Die in Gleichung (1.4) eingehende Funktion $y_{lane}(x_{obj,i})$ beschreibt hierbei den Verlauf der Spurmitte der Fahrbahnspur des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 in Abhängigkeit der Abstandsgröße $x_{obj,i}$ und ist definiert als

$$y_{lane}(x_{obj,i}) = -x_{obj,i} \sin(\psi) + \frac{1}{2} c_0 x_{obj,i}^2 + \frac{1}{6} c_1 x_{obj,i}^3 \quad . \quad (1.5)$$

Aufgrund des Gierwinkels des eigenen Fahrzeugs 16 ist der Verlauf der Fahrbahnspur entsprechend dem Wert der Gierwinkelgröße ψ verdreht, was durch einen Näherungsterm der Gestalt

$$-x_{obj,i} \sin(\psi) \quad (1.6)$$

in Gleichung (1.5) berücksichtigt wird.

In einem zweiten Eingangsknoten 11b des probabilistischen Netzwerks wird weiterhin eine Spurversatzänderungsgröße v_{lat} ermittelt, die eine Quergeschwindigkeit des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 in orthogonaler Richtung zu einer an den Verlauf seiner Fahrbahnspur angelegten Tangente beschreibt. Die Spurversatzänderungsgröße v_{lat} ergibt sich dann zu

$$v_{lat} = v_{y,obj,i} \cos(\alpha) + v_{x,obj,i} \sin(\alpha) , \quad (1.7)$$

wobei sich die Winkelgröße α aus der Differenz der Ausrichtungen der an den Fahrbahnverlauf angelegten Tangenten bei durch die Werte $x=0$ und $x=x_{obj,i}$ gegebenen Abständen vom eigenen Fahrzeug 16 ergibt,

$$\alpha = \arctan \left(\frac{dy_{lane}}{dx} \Big|_{x_{obj,i}} \right) . \quad (1.8)$$

Um aus dem Fahrkursverlauf des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 ein Modell zur Erkennung eines bevorstehenden Spurwechsels ableiten zu können, und um weitere, für einen bevorstehenden Spurwechsel charakteristische Beobachtungsgrößen ermitteln zu können, ist es erforderlich, die relativ zum eigenen Fahrzeugs 16 erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ in ein hierfür geeignetes Koordinatensystem zu transformieren.

Eine geeignete Koordinatentransformation soll im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 2 näher erläutert werden, wobei die während der Fahrt des eigenen Fahrzeugs 16 zu aufeinanderfolgenden Erfassungszeitpunkten erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ durch einzelne Messpunkte \circ dargestellt sind. Letztere sollen im folgenden zur Berechnung von Ausgleichspolynomen herangezogen werden, aus denen sich dann zur Erkennung eines bevorstehenden Spurwechsels der voraussichtlich zu erwartende Fahrkursverlauf des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 ableiten lässt.

Da die Erfassung der Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ relativ zum eigenen Fahrzeug 16 erfolgt, bildet dieses ein relatives Koordinatensystem in Bezug auf die erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$. Aufgrund der Fahrt des eigenen Fahrzeugs 16 ändern sich nun aber Ort und Ausrichtung des relativen Koordinatensystems mit der Zeit, was den Rechenaufwand bei der Erkennung eines bevorstehenden Spurwechsels erheblich erhöht. Die erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ werden daher in ein zeitinvariantes absolutes Koordinatensystem S_{abs} transformiert, dessen Ursprung durch den Startpunkt der Fahrt des eigenen Fahrzeugs 16 definiert ist.

Bei der Transformation der erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ sind die zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt vorliegenden Ortskoordinaten (X_{ego}, Y_{ego}) und die Ausrichtung Ψ_{ego} des eigenen Fahrzeugs 16 zu berücksichtigen,

$$\bar{X}_{ego} = (X_{ego}, Y_{ego}, \Psi_{ego}) \quad . \quad (1.9)$$

Die Transformation der erfassten Abstandsgrößen $(x_{obj,i}, y_{obj,i})$ vom relativen in das absolute Koordinatensystem S_{abs} besteht dann aus einer Verschiebung um (X_{ego}, Y_{ego}) und einer Rotation um Ψ_{ego} zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt. Das Ergebnis dieser Transformation ist ein durch eine Trajektorie

$$T_1 = (\bar{X}_{obj,i}, \bar{Y}_{obj,i}) \quad (1.10)$$

gegebener Fahrtrkursverlauf des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 im absoluten Koordinatensystem S_{abs} . Die Trajektorie

$$T_2 = (\bar{X}_{1dir,obj,i}, \bar{Y}_{1dir,obj,i}) \quad (1.11)$$

gibt dann den Fahrtrkursverlauf des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 in der durch Ψ_{ego} gegebenen Richtung, also in einem um Ψ_{ego} gedrehten Koordinatensystem S_{Ψ} , wieder. Die Ortsvektoren $\bar{X}_{1dir,obj,i}$ und $\bar{Y}_{1dir,obj,i}$ werden auf Basis von absoluten Ortsvektoren $(\bar{X}_{1dir,obj,i}, \bar{Y}_{1dir,obj,i})$ bestimmt, die sich ihrer-

seits aus den absoluten Ortskoordinaten $(X_{\text{obj},i}, Y_{\text{obj},i})$ des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 durch Rotation um $-\Psi_{\text{ego}}$ ergeben. Damit gibt $\bar{x}_{1\text{dir},\text{obj},i}$ den vom i-ten beobachteten Fremdfahrzeug 15 in Richtung von Ψ_{ego} durchfahrenen Abstand wieder. Analog gibt $\bar{y}_{1\text{dir},\text{obj},i}$ den vom i-ten beobachteten Fremdfahrzeug 15 in senkrechter Richtung von Ψ_{ego} durchfahrenen Abstand wieder.

Die Ortsvektoren $(\bar{x}_{1\text{dir},\text{obj},i}, \bar{y}_{1\text{dir},\text{obj},i})$ bilden die Basis zur Bestimmung einer einzelnen, für einen bevorstehenden Spurwechsel relevanten Abstandsgröße L_{relev} , die sich gemäß Fig. 2 aus

$$x_{1\text{dir},\text{obj},i}^k = x_{1\text{dir},\text{obj},i}^k - x_{1\text{dir},\text{obj},i}^L \quad (1.12)$$

und

$$y_{1\text{dir},\text{obj},i}^k = y_{1\text{dir},\text{obj},i}^k - y_{1\text{dir},\text{obj},i}^L \quad (1.13)$$

ergibt.

Um im folgenden den Rechenaufwand zu minimieren, wird eine weitere Trajektorie

$$T_3 = (\bar{x}_{1\text{dir},\text{obj},i}, \bar{y}_{1\text{dir},\text{obj},i,\text{straight}}) \quad (1.14)$$

bestimmt, die die Trajektorie T_2 unter Annahme eines linearisierten Verlaufs der Fahrbahns pur wiedergibt. Die Abstandsgröße $\bar{y}_{1\text{dir},\text{obj},i,\text{straight}}$ beschreibt hierbei die Querverschiebung des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Spurmitte seiner Fahrbahns pur,

$$y_{1\text{dir},\text{obj},i,\text{straight}}^k = y_{\text{obj},i}^k + O_{\text{lane}} - y_{\text{lane}}(x_{1\text{dir},\text{obj},i}^k) \pm w_{\text{lane}} \quad (1.15)$$

Im weiteren wird ein voraussichtlicher Startpunkt S für den Spurwechsel des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 bestimmt. Hierzu wird ein Ausgleichspolynom y_{T_3} für die Trajektorie T_3 ermittelt, was durch Anwendung der Methode der

kleinsten Fehlerquadrate erfolgt. Der voraussichtliche Startpunkt S des Spurwechsels ergibt sich dann an demjenigen Ort, an dem das Ausgleichspolynom y_{T_3} einen Extremwert annimmt.

Da eine Krümmung des Verlaufs der Fahrbahnspur für die Erkennung eines Spurwechselforgangs erst für den auf den Startpunkt S folgenden Fahrbahnabschnitt von Bedeutung ist, genügt es, wenn lediglich für diesen Fahrbahnabschnitt ein Ausgleichspolynom y_{T_2} für die Trajektorie T_2 bestimmt wird, so dass sich der Rechenaufwand bei der Vorhersage eines bevorstehenden Spurwechsels des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 erheblich verringert.

In einem dritten Eingangsknoten 11c des probabilistischen Netzwerks wird nun eine Querversatzbeschleunigungsgröße $a_{y,max}$ ermittelt, die die aufgrund des bevorstehenden Spurwechsels maximal auftretende Querbeschleunigung des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreibt. Die Ermittlung erfolgt durch Bestimmung einer mit der Trajektorie T_3 bestmöglich übereinstimmenden und mit der Querversatzbeschleunigungsgröße $a_{y,max}$ parametrisierten Modelltrajektorie T_m . Diejenige Modelltrajektorie T_m , die am besten mit der ermittelten Trajektorie T_3 übereinstimmt, liefert dann den im dritten Eingangsknoten 11c zu berücksichtigenden Wert für die Querversatzbeschleunigungsgröße $a_{y,max}$. Für die Modelltrajektorie gilt

$$T_m = (\vec{x}_m, \vec{y}_m) , \quad (1.16)$$

wobei die vektorielle Abstandsgröße \vec{x}_m denjenigen Teil von $\vec{x}_{ldir,obj,i}$ darstellt, der zwischen dem voraussichtlichen Startpunkt S des Spurwechsels und dem gewählten Vorhersagehorizont liegt. Die bei der Anpassung der Modelltrajektorie T_m auftretende Varianz berechnet sich dabei zu

$$\sigma_{T_m} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (y_m^k - y_{ldir,obj,i,straight}^k)^2} , \quad (1.17)$$

wobei eine Binärsuche für die bestmöglich mit der Trajektorie T_j übereinstimmende Modelltrajektorie T_m durchgeführt wird, bei der ein für die Querversatzbeschleunigungsgröße $a_{y,max}$ vorgegebenes Werteintervall sukzessive durchlaufen wird, und die endet, sobald $\Delta\sigma_{Tm} = \sigma_{Tm}^r - \sigma_{Tm}^{r-1}$ bei zwei aufeinanderfolgenden Suchvorgängen $r-1$ und r eine gegebene Schwelle ε unterschreitet,

$$\sigma_{Tm}^r - \sigma_{Tm}^{r-1} < \varepsilon \quad . \quad (1.18)$$

In einem vierten Eingangsknoten 11d wird eine Spurkrümmungsgröße v_{lane} ermittelt, die eine Krümmung des Verlaufs der Fahrbahnspur des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreibt,

$$v_{lane,scal} = \tau_{lane} v_{x,obj,i} \quad , \quad (1.19)$$

mit

$$\tau_{lane} = \left(\frac{dy_{r2}}{dx} - \frac{dy_{lane}}{dx} \right) \bigg|_{x_{obj}} \quad . \quad (1.20)$$

In einem fünften Eingangsknoten 11e des probabilistischen Netzwerks wird weiterhin eine Spurüberschreitungszeitgröße t_{1cr} ermittelt, die diejenige Zeitdauer beschreibt, die voraussichtlich bis zum Überschreiten einer die Fahrbahnspur des i -ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 begrenzenden Fahrbahnmarkierung vergeht (sog. time-to-line-crossing). Zur Berechnung der Spurüberschreitungszeitgröße t_{1cr} wird der Schnittpunkt zwischen dem Ausgleichspolynom y_{r2} der Trajektorie T_2 und der durch

$$y_{r2} \pm \frac{w_{lane}}{2} \quad (1.21)$$

gegebenen Lage der Fahrbahnmarkierung ermittelt,

$$Y_{T2} - Y_{lane} \pm \frac{W_{lane}}{2} = 0 \quad (1.22)$$

Die Lösung der Gleichung (1.22) liefert dann den räumlichen Abstand, in der das i-te beobachtete Fremdfahrzeug 15 voraussichtlich die Fahrbahnmarkierung überquert. Zur Bestimmung der Spurüberschreitungszeitgröße t_{1cr} wird der Einfachheit halber angenommen, dass die Geschwindigkeitsgröße $v_{x,obj,i}$ konstant ist, sodass also

$$t_{1cr} = \frac{x_{1cr}}{v_{x,obj,i}} \quad (1.23)$$

Um insbesondere solche Spurwechselforgänge erkennen zu können, die zu einem potentiell gefährlichen Einscheren des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 in eine zwischen dem eigenen Fahrzeug 16 und einem Führungsfahrzeug 17 befindliche Fahrzeuglücke führen, werden weitere Beobachtungsgrößen ermittelt, die das räumliche und zeitliche Verhalten des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Fahrzeuglücke beschreiben.

Dementsprechend wird in einem sechsten Eingangsknoten 11f eine Lückenabstandsgröße x_{gap} , die einen Abstand des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt,

$$x_{gap} = x_{obj,i} - x_{ego,gap} \quad \text{mit} \quad x_{ego,gap} = \frac{x_{lead}}{2} \quad (1.24)$$

in einem siebten Eingangsknoten 11g eine Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße $v_{gap,rel}$, die eine Geschwindigkeit des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt,

$$v_{gap,rel} = v_{obj,i} - v_{gap} \quad \text{mit} \quad v_{gap} = \frac{v_{x,ego} + v_{x,lead}}{2} \quad (1.25)$$

und in einem achten Eingangsknoten 11h eine Lückenrelativbeschleunigungsgröße $a_{\text{gap,rel}}$, die eine Beschleunigung des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt,

$$a_{\text{gap,rel}} = a_{\text{obj},i} - a_{\text{gap}} \quad \text{mit} \quad a_{\text{gap}} = \frac{a_{x,\text{ego}} + a_{x,\text{lead}}}{2} , \quad (1.26)$$

ermittelt. Die Ermittlung erfolgt durch Bestimmung einer mit der Fahrzeuglücke bestmöglich übereinstimmenden und mit der Lückenabstandsgröße x_{gap} , der Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße $v_{\text{gap,rel}}$ und der Lückenrelativbeschleunigungsgröße $a_{\text{gap,rel}}$ parametrisierten theoretischen Fahrzeuglücke. Diejenige theoretische Fahrzeuglücke, die am besten mit der tatsächlichen Fahrzeuglücke übereinstimmt, liefert dann die in den Eingangsknoten 11f bis 11h zu berücksichtigende Lückenabstandsgröße x_{gap} , Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße $v_{\text{gap,rel}}$ und Lückenrelativbeschleunigungsgröße $a_{\text{gap,rel}}$.

Ist kein Führungsfahrzeug 17 vorhanden, so wird x_{gap} auf einen Standardwert, $v_{\text{gap,rel}}$ auf v_{ego} und $a_{\text{gap,rel}}$ auf a_{ego} gesetzt.

Weiterhin werden als Qualitätsmaß für die in den Eingangsknoten 11a bis 11h ermittelten Beobachtungsgrößen die zugehörigen Varianzen berücksichtigt. Diese lassen sich aus den der Kalman-Filterung zugrundeliegenden Kovarianzmatrizen P ableiten.

Die Kalman-Filter zur Objektverfolgung und Situationserkennung liefern die Zustandsvektoren \vec{x}_{lane} und $\vec{x}_{\text{obj},i}$. Darüber hinaus stehen die zugehörigen Kovarianzmatrizen P_{lane} und $P_{\text{obj},i}$ zur Verfügung. Im folgenden wird vorausgesetzt, dass die von unterschiedlichen Kalman-Filtern gelieferten Variablen jeweils unabhängig voneinander sind, sodass

$$\sigma_{xq,xr} = 0 \quad (2.1)$$

für

$$x_q \in \bar{x}_{obj,i} , \quad x_r \in \bar{x}_{lane} . \quad (2.2)$$

Für die Berechnung des (Mittel-)werts μ_z der Beobachtungsgröße eines Eingangsknotens Z_l ($l=a\dots h$) des probabilistischen Netzwerks werden Funktionen benötigt, die die Zustandsvektoren \bar{x}_{lane} und $\bar{x}_{obj,i}$ der beiden Kalman-Filter in geeigneter Weise kombinieren,

$$\mu_{z1} = f_1(\bar{x}_{obj,i}, \bar{x}_{lane}) . \quad (2.3)$$

Durch die Struktur des probabilistischen Netzwerks wird implizit vorausgesetzt, dass die Eingangsknoten Z_l unabhängig voneinander sind. Folglich wird in erster Näherung angenommen, dass die Varianzen σ_{z1} der Beobachtungsgrößen der Eingangsknoten Z_l die Eigenschaft

$$\sigma_{z1,zm} = 0 \quad \text{für } l \neq m \quad (2.4)$$

aufweisen. Die Varianz σ_{z1} der Beobachtungsgröße des l -ten Eingangsknotens Z_l kann mithilfe einer Taylor-Reihenentwicklung dargestellt werden,

$$E[(Z_l - E[Z_l])^2] = ACA^T , \quad (2.5)$$

wobei C die Kovarianzmatrix derjenigen Variablen x_s darstellt, aus denen der Wert von μ_{z1} bestimmt wird. Die Matrix A beinhaltet die Ableitungen an der Stelle $x_s = \mu_s$,

$$A_s = \left[\frac{\partial Z_l}{\partial x_s} \right]_{\bar{x}=\bar{\mu}} . \quad (2.6)$$

Nach der Bestimmung der Varianzen σ_{z1} der Beobachtungsgrößen der Eingangsknoten Z_l werden normalverteilte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen $N_1(\mu_{z1}, \sigma_{z1})$ für die Belegung der einzel-

nen Eingangsknoten Z_1 angesetzt. Da es sich im probabilistischen Netzwerk um wertdiskrete Eingangsknoten Z_1 handelt, muss die Wahrscheinlichkeit für ein gegebenes Werteintervall $[a, b]$ gemäß

$$P_1(a \leq Z_1 \leq b) = \int_a^b \frac{dz}{\sigma_{z1} \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left\{ -\frac{z - \mu_{z1}}{2 \cdot \sigma_{z1}^2} \right\} . \quad (2.7)$$

bestimmt werden. Da dieses Integral nicht geschlossen gelöst werden kann und die Durchführung einer numerischen Integration rechnerisch ineffizient wäre, wird Gleichung (2.7) mithilfe einer normierten Verteilungsfunktion der Gestalt

$$\Phi_1 = \int_a^b N_1(\mu_{z1} = 0, \sigma_{z1} = 1) \quad (2.8)$$

bestimmt, sodass sich letztlich

$$P_1(a \leq Z_1 \leq b) = \Phi_1 \left(\frac{b - \mu_{z1}}{\sigma_{z1}} \right) - \Phi_1 \left(\frac{a - \mu_{z1}}{\sigma_{z1}} \right) . \quad (2.9)$$

ergibt.

Durch die Einbeziehung der Varianzen σ_{z1} der Eingangsknoten Z_1 ist es möglich, eine implizite Qualitätsbewertung bzw. Qualitätsgewichtung der in den Eingangsknoten Z_1 ermittelten Beobachtungsgrößen durchzuführen, da Beobachtungsgrößen kleiner Varianz σ_{z1} durch die Inferenz des probabilistischen Netzwerks stärker berücksichtigt werden als solche großer Varianz σ_{z1} .

Zur Feststellung, ob das i -te beobachtete Fremdfahrzeug 15 einschert oder nicht, werden die in der ersten Ebene 11 des probabilistischen Netzwerks ermittelten Beobachtungsgrößen in einer zweiten Ebene 12 zu Zwischengrößen gruppiert.

Hierbei werden in einem ersten Zwischenknoten 12a die im ersten Eingangsknoten 11a ermittelte Spurversatzgröße ϕ_{lane} und die im zweiten Eingangsknoten 11b ermittelte Spurversatzänderungsgröße v_{lat} zu einer Spurversatzhinweisgröße LE gruppiert.

In einem zweiten Zwischenknoten 12b wird weiterhin die im dritten Eingangsknoten 11c ermittelte Querversatzbeschleunigungsgröße $a_{y,max}$, die im vierten Eingangsknoten 11d ermittelte Spurkrümmungsgröße v_{lane} und die im fünften Eingangsknoten 11e ermittelte Spurüberschreitungszeitgröße t_{1cr} zu einer Trajektorienhinweisgröße TR gruppiert, wobei in einem dritten Zwischenknoten 12c schließlich die im sechsten Eingangsknoten 11f ermittelte Lückenabstandsgröße x_{gap} , die im siebten Eingangsknoten 11g ermittelte Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße $v_{gap,rel}$ und die im achten Eingangsknoten 11h ermittelte Lückenrelativbeschleunigungsgröße $a_{gap,rel}$ zu einer Verkehrslückenhinweisgröße GS gruppiert wird. Die Gruppierung erfolgt jeweils derart, dass die Spurversatzhinweisgröße LE, die Trajektorienhinweisgröße TR und die Verkehrslückenhinweisgröße GS im Falle eines voraussichtlich einscherenden Fremdfahrzeugs den Zustand „wahr“ und im Falle eines nicht einscherenden Fremdfahrzeugs den Zustand „unwahr“ annehmen.

Die in den Zwischenknoten 12a bis 12c ermittelten Zwischengrößen werden daraufhin in einem Ausgangsknoten 13a, der eine dritte Ebene 13 des probabilistischen Netzwerks bildet, zu einer gemeinsamen Ausgangsgröße in Gestalt einer Spurwechselgröße CV derart vereinigt, dass diese eine Einschermwahrscheinlichkeit für einen bevorstehenden Einschervorgang des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreibt.

Die einzelnen Ebenen 11 bis 13 des probabilistischen Netzwerks bilden demnach eine Entscheidungshierarchie, innerhalb derer die Eingangsknoten 11a bis 11h der ersten Ebene 11 das Spurwechsel- bzw. Einscherverhalten des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 beschreiben, die Zwischenknoten 12a bis 12c

der zweiten Ebene 12 partielle Zwischenentscheidungen darstellen, und der Ausgangsknoten 13a der dritten Ebene 13 schließlich eine auf Basis der Zwischenentscheidungen getroffene Endentscheidung in Gestalt einer durch die Spurwechselgröße CV charakterisierten Spurwechsel- bzw. Einscherabsicht des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 bildet.

Ist die durch die Spurwechselgröße CV beschriebene Einscherwahrscheinlichkeit größer als ein charakteristischer Schwellenwert, sodass mit großer Sicherheit auf ein bevorstehendes Einscheren des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 geschlossen werden kann, so erfolgen fahrerunabhängige Eingriffe in zur Beeinflussung der Längsdynamik des Fahrzeugs 16 vorgesehene Fahrzeugaggregate derart, dass die Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugs 16 soweit reduziert wird, bis ein vorgegebener Sicherheits-Zeitabstand zwischen dem eigenen Fahrzeug 16 und dem einscherenden Fremdfahrzeug 15 eingehalten wird. Falls erforderlich, kann auch die Durchführung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs zur Vermeidung eines Auffahrens auf das i-te beobachtete Fremdfahrzeug 15 ausgelöst werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren erweitert demnach die Funktion von Abstands-Regel-Tempomaten herkömmlicher Bauart für den Fall einscherender Fremdfahrzeuge 15. Bei den Fahrzeugaggregaten handelt es sich beispielsweise um Bremsmittel und/oder Antriebsmittel des eigenen Fahrzeugs 16. In diesem Zusammenhang ist es auch vorstellbar, zur Durchführung eines Ausweichmanövers fahrerunabhängige Eingriffe in zur Beeinflussung der Querdynamik des Fahrzeugs 16 vorgesehene Fahrzeugaggregate vorzunehmen, wobei es sich bei diesen Fahrzeugaggregaten beispielsweise um Lenkmittel des eigenen Fahrzeugs 16 handelt.

Zusätzlich zu den fahrerunabhängigen Eingriffen in die Fahrzeugaggregate wird die Ausgabe eines optischen und/oder akustischen und/oder haptischen Fahrerhinweises veranlasst, der

den Fahrer auf das bevorstehende Einscheren des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 aufmerksam macht.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Vorrichtung umfasst Beobachtungsmittel 20 zur Beobachtung eines Fremdfahrzeugs, wobei die Beobachtungsmittel 20 eine erste Sensoreinrichtung 20a zur Objektverfolgung, die das räumliche und zeitliche Verhalten des i-ten beobachteten Fremdfahrzeug 15 relativ zum eigenen Fahrzeug 16 erfasst, und eine zweite Sensoreinrichtung 20b zur Spurverfolgung, die das räumliche und zeitliche Verhalten des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 relativ zum Verlauf der Fahrbahnmarkierungen der Fahrbahnspur des eigenen Fahrzeugs 16 erfasst, aufweisen.

Bei der ersten Sensoreinrichtung 20a zur Objektverfolgung handelt es sich um einen Radarsensor und/oder um eine im Infrarotwellenlängenbereich arbeitende Laserscaneinrichtung. Der Erfassungswinkel der Laserscaneinrichtung ist typischerweise größer als 30° , sodass sich auf einer benachbarten Fahrbahnspur befindliche Fremdfahrzeuge noch in einem Abstand von 15 Metern und weniger vom eigenen Fahrzeug 16 erfassen lassen. Um im Falle der Verwendung eines Radarsensors sowohl den Nahbereich als auch den Fernbereich vor bzw. neben dem eigenen Fahrzeug 16 zuverlässig erfassen zu können, sind unterschiedliche Radarfrequenzen erforderlich. So findet zur Erfassung des Nahbereichs eine Radarfrequenz von typischerweise 24 GHz und zur Erfassung des Fernbereichs eine Radarfrequenz von typischerweise 77 GHz Einsatz.

Bei der zweiten Sensoreinrichtung 20b zur Spurverfolgung handelt es sich weiterhin um eine CCD-Kamera und/oder eine im Infrarotwellenlängenbereich arbeitende bildgebende Laserscaneinrichtung. Alternativ oder ergänzend erfolgt die Spurverfolgung auf Basis elektronischer Kartendaten, die von einem

im eigenen Fahrzeug 16 angeordneten satellitengestützten Navigationssystem zur Verfügung gestellt werden.

Die von den Beobachtungsmitteln 20 bereitgestellten Beobachtungsdaten werden anschließend einer Auswerteeinheit 21 zugeführt, die daraufhin die Beobachtungsgrößen und deren Varianzen zur Bestimmung der Spurwechselgröße CV ermittelt.

Zur Durchführung der fahrerunabhängigen Eingriffe in die Antriebsmittel 22 des Fahrzeugs 16 ist eine Antriebsmittelsteuerung 23 vorhanden, mittels derer sich das Antriebsmoment eines als Fahrzeugantrieb vorgesehenen Motors beeinflussen lässt. Weiterhin ist zur Durchführung der fahrerunabhängigen Eingriffe in die Bremsmittel 24a bis 24d des Fahrzeugs 16 eine Bremsmittelsteuerung 25 vorhanden, mittels derer ein in den Bremsmitteln 24a bis 24d erzeugtes Bremsmoment beeinflusst werden kann.

Zur Ausgabe des Fahrerhinweises ist ein optischer Signalgeber 30 und/oder ein akustischer Signalgeber 31 und/oder ein haptischer Signalgeber 32 vorhanden, wobei es sich bei dem haptischen Signalgeber 32 beispielsweise um einen Lenkraddrehmomentgeber handelt, mittels dem sich ein Lenkraddrehmoment in Form einer Vibration an einem im eigenen Fahrzeug 16 angeordneten Lenkrad hervorrufen lässt. Alternativ kann es sich bei dem haptischen Signalgeber 32 auch um einen zur Erzeugung eines Nagelbandratterns vorgesehenen Körperschallerzeuger handeln. In diesem Fall können den beiden Fahrzeugseiten des eigenen Fahrzeugs 16 jeweils separate Körperschallerzeuger zugeordnet sein, sodass sich das Nagelbandrattern an derjenigen Fahrzeugseite erzeugen lässt, an der der Spurwechsel- bzw. Einschervorgang des i-ten beobachteten Fremdfahrzeugs 15 bevorsteht.

DaimlerChrysler AG

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug, bei dem wenigstens eine Beobachtungsgröße ermittelt wird, die das Spurwechselverhalten eines beobachteten Fremdfahrzeugs (15) beschreibt, wobei in Abhängigkeit der wenigstens einen Beobachtungsgröße eine Spurwechselgröße (CV) bestimmt wird, die eine Spurwechselabsicht des Fremdfahrzeugs (15) ausgehend von einer dem Fremdfahrzeug (15) zugeordneten Fahrbahnspur charakterisiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Spurwechselgröße (CV) auf ein Einscheren des Fremdfahrzeugs (15) auf eine dem eigenen Fahrzeug (16) zugeordnete Fahrbahnspur bezieht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spurwechselgröße (CV) die Wahrscheinlichkeit für einen bevorstehenden Spurwechsel des Fremdfahrzeugs (15) beschreibt, wobei auf einen bevorstehenden Spurwechsel geschlossen wird, wenn die Wahrscheinlichkeit größer ist als ein charakteristischer Schwellenwert.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei einer ersten Beobachtungsgröße um eine

Spurversatzgröße (o_{lane}) handelt, die eine Querverschiebung des Fremdfahrzeugs (15) relativ zur Spurmitte seiner Fahrbahnspur beschreibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei einer zweiten Beobachtungsgröße um eine Spurversatzänderungsgröße (v_{lat}) handelt, die eine Quergeschwindigkeit des Fremdfahrzeugs (15) in orthogonaler Richtung zu einer an den Verlauf seiner Fahrbahnspur angelegten Tangente beschreibt.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei einer dritten Beobachtungsgröße um eine Querversatzbeschleunigungsgröße ($a_{y,max}$) handelt, die eine aufgrund eines bevorstehenden Spurwechsels maximal auftretende Querbeschleunigung des Fremdfahrzeugs (15) beschreibt.
7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei einer vierten Beobachtungsgröße um eine Spurkrümmungsgröße (v_{lane}) handelt, die eine Krümmung des Verlaufs der Fahrbahnspur des Fremdfahrzeugs (15) beschreibt.
8. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei einer fünften Beobachtungsgröße um eine Spurüberschreitungszeitgröße (t_{1cr}) handelt, die diejenige Zeitdauer beschreibt, die voraussichtlich bis zum Überschreiten einer die Fahrbahnspur des Fremdfahrzeugs (15) begrenzenden Fahrbahnmarkierung vergeht.
9. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass es sich bei einer sechsten Beobachtungsgröße um eine Lückenabstandsgröße (x_{gap}), die einen Abstand des Fremdfahrzeugs (15) relativ zu einer zwischen dem eigenen Fahrzeug (16) und einem Führungsfahrzeug (17) befindlichen Fahrzeuglücke beschreibt, und/oder eine Lückenrelativgeschwindigkeitsgröße ($v_{\text{gap,rel}}$), die eine Geschwindigkeit des Fremdfahrzeugs (15) relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt, und/oder eine Lückenrelativbeschleunigungsgröße ($a_{\text{gap,rel}}$), die eine Beschleunigung des Fremdfahrzeugs (15) relativ zur Fahrzeuglücke beschreibt, handelt.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der Spurwechselgröße (CV) die Varianz der wenigstens einen Beobachtungsgröße berücksichtigt wird.
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Beobachtungsgröße und/oder deren Varianz unter Verwendung eines Kalman-Filters ermittelt wird.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Beobachtungsgrößen und/oder deren Varianzen ermittelt werden, wobei diese zur Ermittlung der Spurwechselgröße (CV) mittels eines probabilistischen Netzwerks miteinander verknüpft werden.
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle eines bevorstehenden Spurwechsels fahrerunabhängige Eingriffe in zur Beeinflussung der Längs- und/oder Querdynamik des Fahrzeugs (16) vorgesehene Fahrzeugaggregate vorgenommen werden.

14. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Falle eines bevorstehenden Spurwechsels ein optischer und/oder akustischer und/oder haptischer Fahrerhinweis an den Fahrer des Fahrzeugs (16) ausgegeben wird.
15. Verfahren nach Anspruch 1,
gekennzeichnet
durch eine Verwendung in Verbindung mit einem im Fahrzeug (16) angeordneten Längs- und/oder Queregelssystemsystem.
16. Vorrichtung zur Erkennung von Spurwechselvorgängen für ein Fahrzeug, mit Beobachtungsmitteln (20) zur Beobachtung eines Fremdfahrzeugs (15), die zur Ermittlung wenigstens einer das Spurwechselverhalten des beobachteten Fremdfahrzeugs (15) beschreibenden Beobachtungsgröße vorgesehen sind, wobei eine Auswerteeinheit (21) in Abhängigkeit der wenigstens einen Beobachtungsgröße eine Spurwechselgröße (CV) bestimmt, die eine Spurwechselabsicht des Fremdfahrzeugs (15) ausgehend von einer dem Fremdfahrzeug (15) zugeordneten Fahrbahnspur charakterisiert.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beobachtungsmittel (20) eine erste Sensoreinrichtung (20a) zur Objektverfolgung und eine zweite Sensoreinrichtung (20b) zur Spurverfolgung umfassen.

1/3

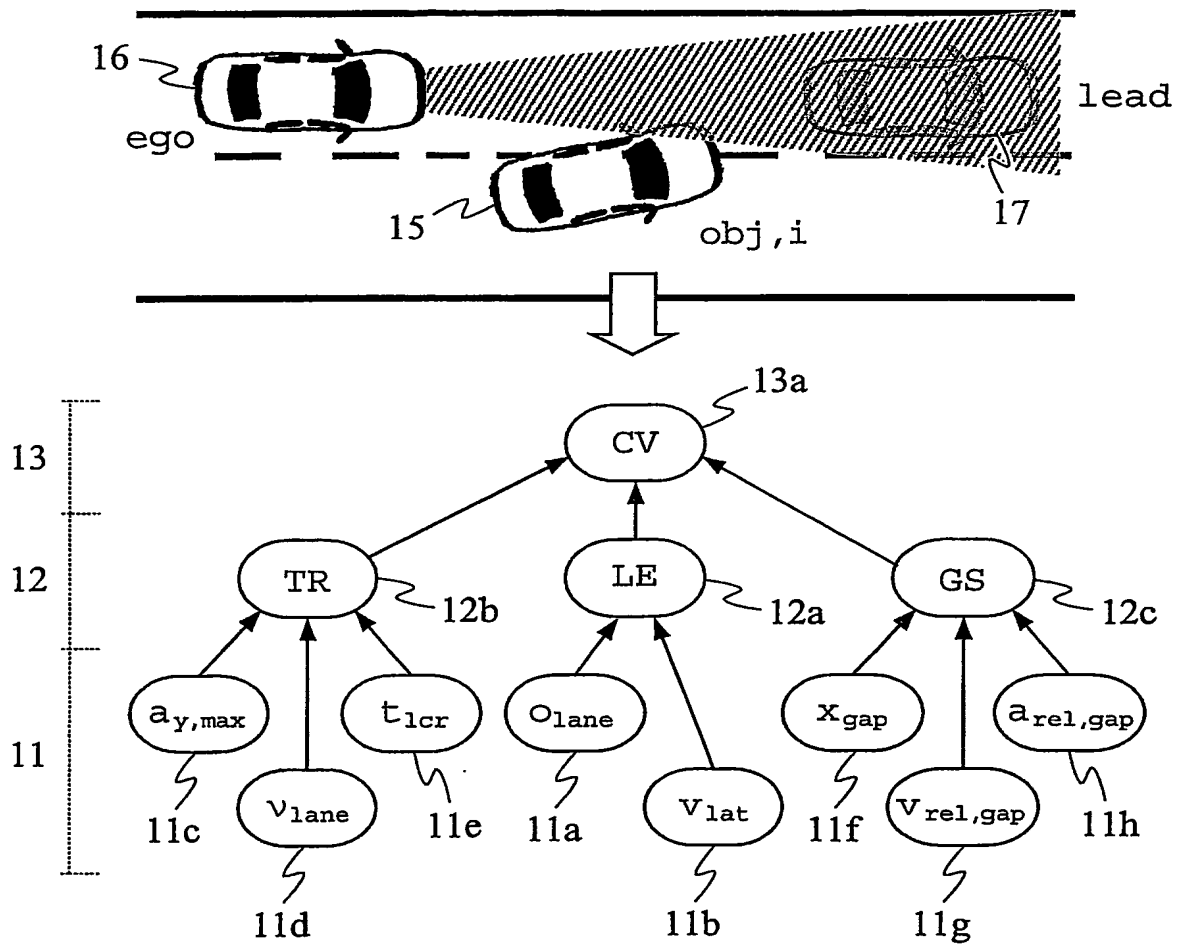


FIG. 1

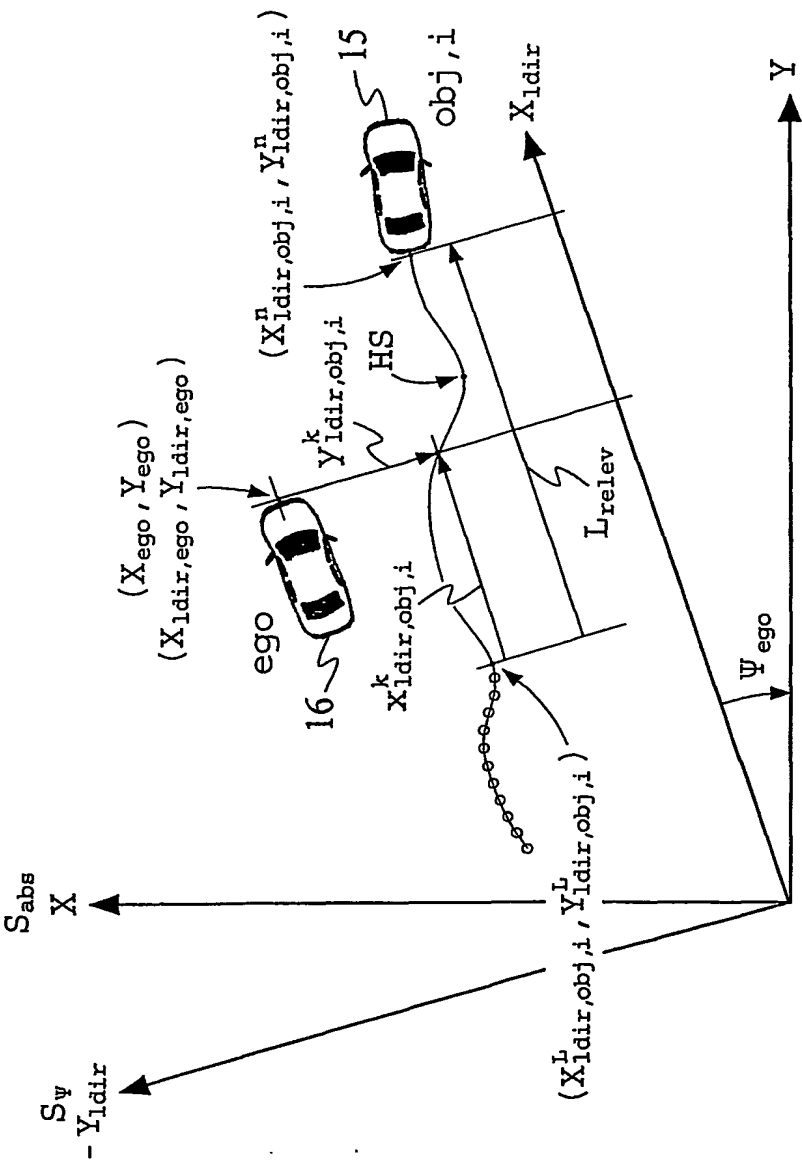


FIG. 2

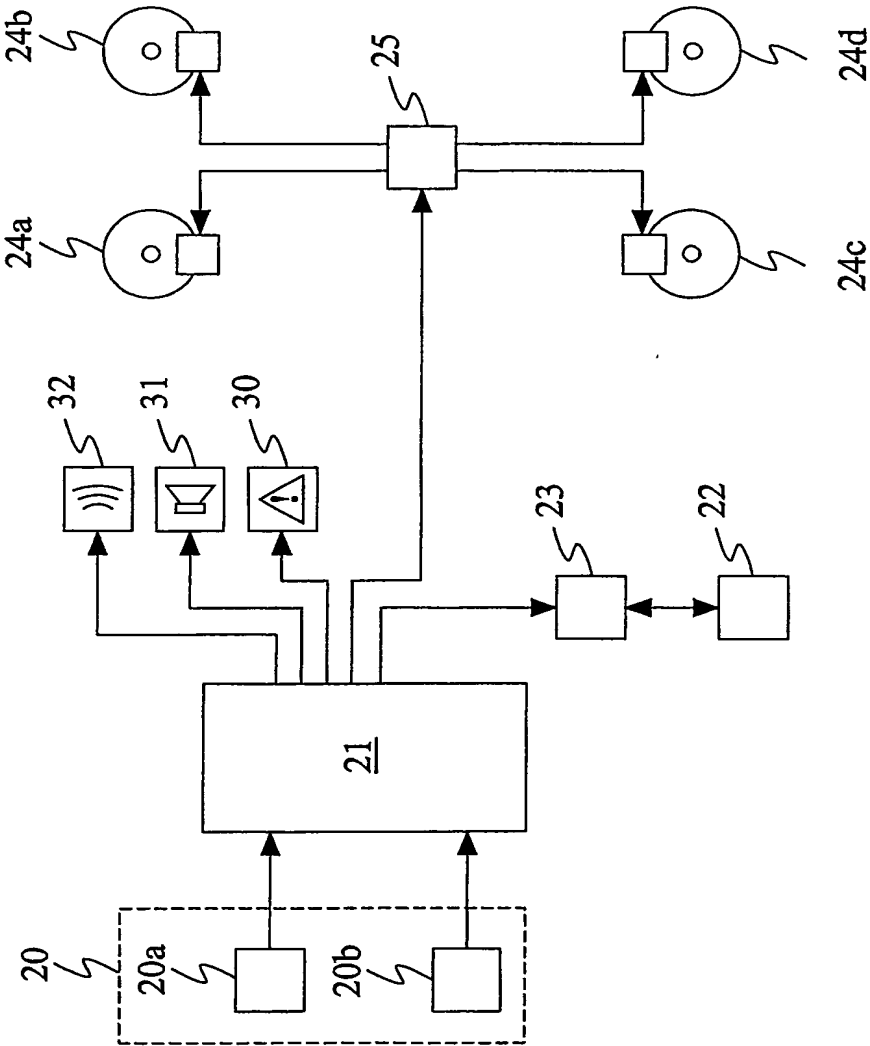


FIG. 3